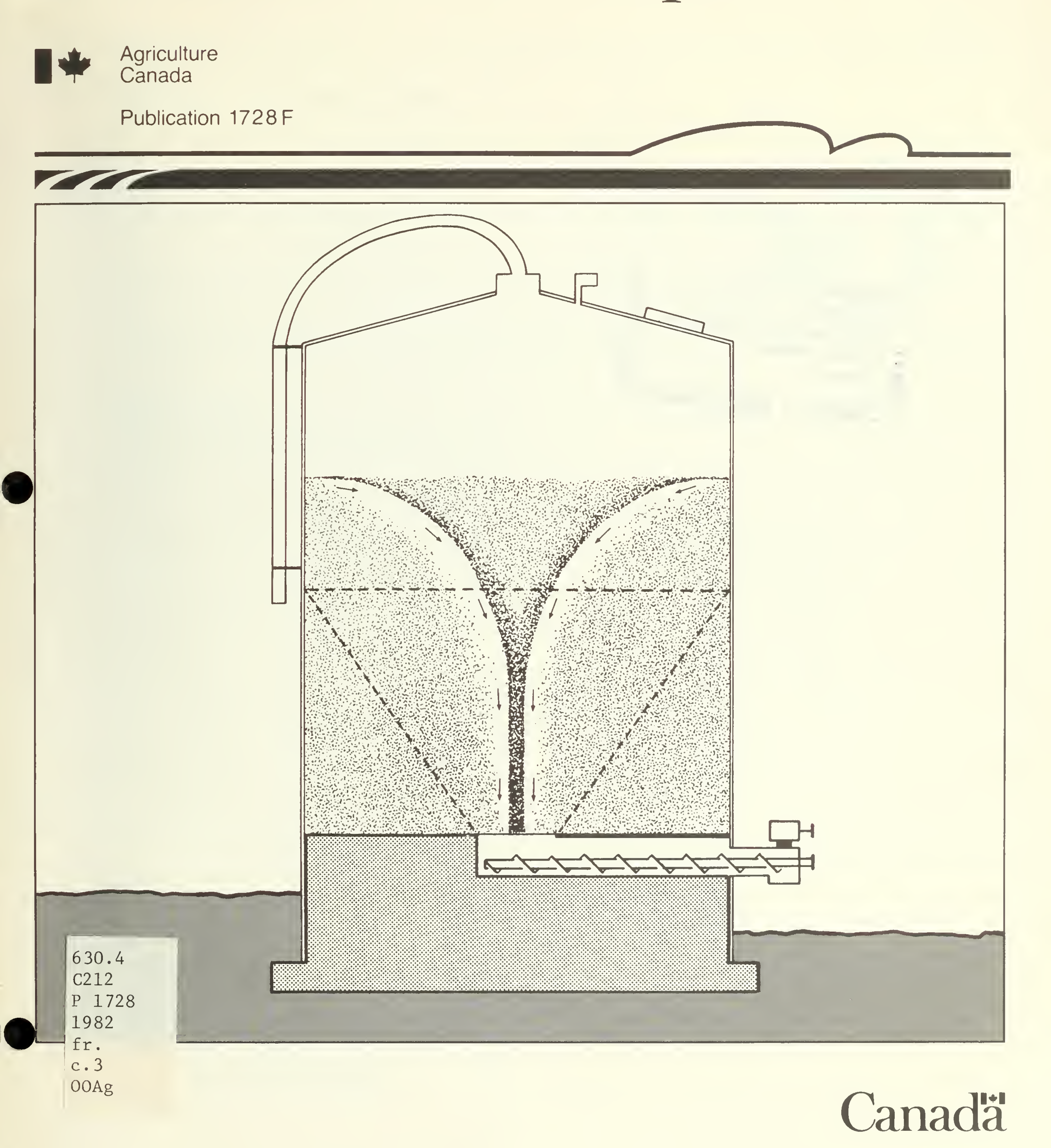
Choix et utilisation des silos hermétiques

Agriculture Canada

Publication 1728F

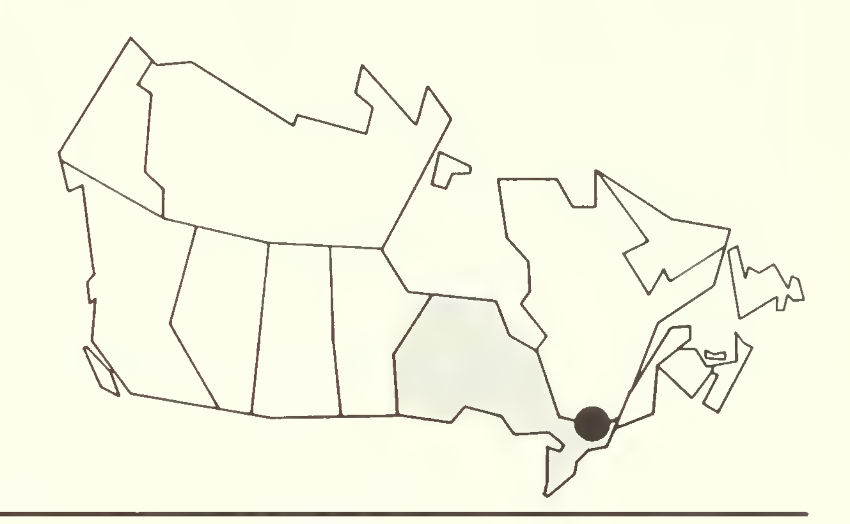


Canada

Choix et utilisation des silos hermétiques

Publication fédérale/provinciale

Canada/Ontario



H.E. Bellman
Ingénieur agricole,
Direction générale de la vulgarisation
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario

PUBLICATION 1728F, on peut obtenir des exemplaires à la Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7

N° de cat. A15—1728/1982F ISBN: 0-662-91480-5
Impression 1982 3M—4:82

Also available in English under the title
Selection and use of oxygen-limiting silos

TABLE DES MATIÈRES

Fonctionnement des silos hermétique / 3

Types de silos hermétiques / 5

Acier / 5
Béton / 5
Plastique armé de fibre de verre / 6

Désileuses adaptées aux silos hermétiques / 7

Plantes fourragères entières / 7
- Désileuses à bras rotatif / 7
- Désileuses à chaîne à palettes / 10
- Désileuses par le dessus-vidange par le bas / 10

Grains humides / 13

Avantages des silos hermétiques / 13

Un silo hermétique est une structure de stockage dont les parois, le plancher et le toit sont gazifuges. Des trappes étanches aux gaz situées dans les parois et la partie supérieure en permettent l'accès par l'extérieur pour le remplissage, le déchargement et l'entretien. Équipée d'un système de respiration, la structure renferme une atmosphère contrôlée minimisant les pertes en quantité et en qualité des produits ensilés. On peut l'adapter au stockage de nombreux aliments du bétail.

Les noms de sociétés ou de marques de commerce qui figurent dans la présente publication ne sont cités qu'à titre d'exemple. Leur mention ne constitue pas une reconnaissance de même que l'omission des autres ne constitue pas un désaveu.

Fonctionnement des silos hermétiques

Placés dans un silo hermétique, les fourrages hachés dépassant 35 à 40% d'humidité et les grains dépassant 22 à 25% passent par les diverses phases de respiration et de fermentation qui caractérisent le processus d'ensilage. La fermentation consomme de l'oxygène et produit du bioxyde de carbone. Ce gaz est plus lourd que l'air et remplit normalement les vides dans la masse ensilée et juste au-dessus. Du fait que la structure est "scellée", l'atmosphère intérieure perd peu à peu ses 20% d'oxygène et devient essentiellement composée de bioxyde de carbone. La réussite de ce genre de stockage repose principalement sur la capacité de la structure à conserver suffisamment de bioxyde de carbone dans et autour de la masse oxydée pour prévenir toute altération du produit.

Mais il ne suffit pas de rendre le silo hermétique, encore faut-il le munir d'un système quelconque d'équilibrage de la pression qui va varier en cours d'utilisation. Ces variations sont essentiellement causées par l'extraction du matériel par le fond du silo (qui crée un vide au-dessus de la masse ensilée) et par les fluctuations de la température de l'air et du rayonnement thermique entre le jour et la nuit qui provoquent l'expansion ou la contraction des gaz dans le silo (créant ainsi soit une pression soit un vide).

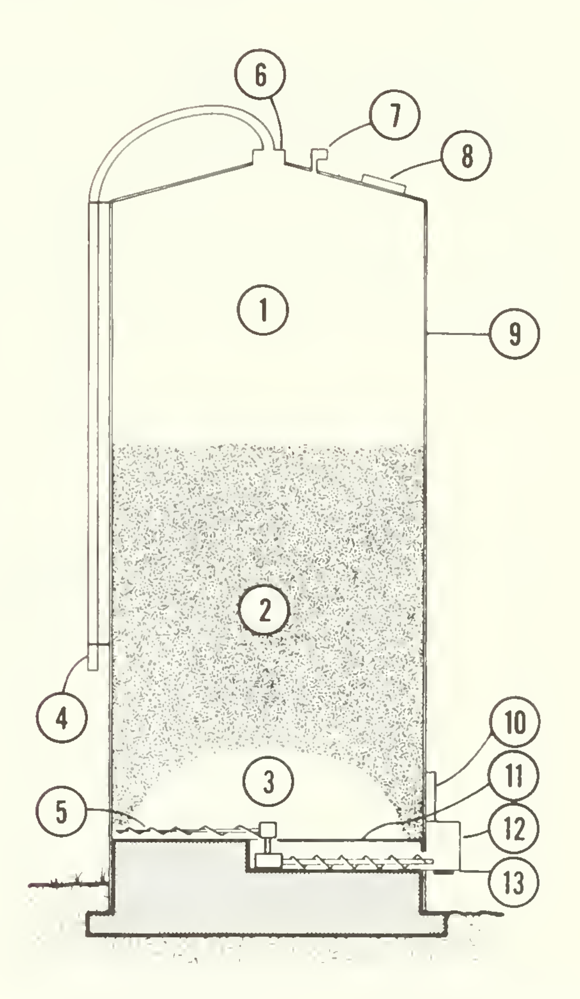
La création d'un vide considérable peut déformer les silos à parois minces; les fuites qui se formeraient alors dans la structure permettraient l'entrée d'air dans le silo et entraîneraient la détérioration de l'ensilage.

Diverses méthodes servent à équilibrer la pression, selon le type et la marque de silo. À une ou deux exceptions près, tous les silos hermétiques sont munis d'une soupape de va-et-vient qui joue le rôle d'un dispositif de sécurité permettant la libération des gaz, s'il se produit une accumulation de pression, et l'entrée d'air en cas de formation de vide. Cette soupape réduit également la formation de vides en cas d'extraction d'une quantité appréciable de produits ensilés.

Le fait de qualifier ces silos d'"hermétiques" ou de "scellés" peut porter à confusion; il serait plus précis de dire qu'ils contrôlent la teneur en oxygène.

Pour réduire au minimum la quantité d'air admise, certains fabricants équipent leurs silos de mécanismes de respiration secondaire spéciaux.

Divers systèmes de respiration sont actuellement utilisés et varient selon le fabricant du silo. L'un de ces systèmes se compose de grands sacs en plastique et dans une de ses variantes (p. ex. Harvestore, Crop Handler), les sacs ont la forme d'un beignet, suspendu à l'intérieur du dôme du plafond et muni d'orifices vers l'extérieur. Selon une autre variante (p. ex. Continustore) deux sacs situés dans la cavité de l'assise sous le plancher surélevé communiquent avec l'intérieur du silo par un conduit qui se rend jusqu'à sa partie supérieure. Dans chacun de ces systèmes, les sacs compensent les variations de pression des gaz à l'intérieur du silo en prenant de l'expansion ou en se contractant



1. Atmosphère contrôlée en oxygène (en majeure partie du CO_2)
2. Aliment ensilé
3. Cavité surplombant la désileuse (pour le matériel compact)
4. Goulotte de remplissage
5. Bras balayeur de la désileuse
6. Trappe de remplissage scellée
7. Soupape de détente va-et-vient
8. Trappe scellée
9. Enveloppe hermétique
10. Trappe de visite scellée
11. Plancher du silo
12. Tête de commande de la désileuse
13. Point de déchargement scellé de la désileuse

FIGURE 1 Composantes fondamentales d'un silo hermétique.

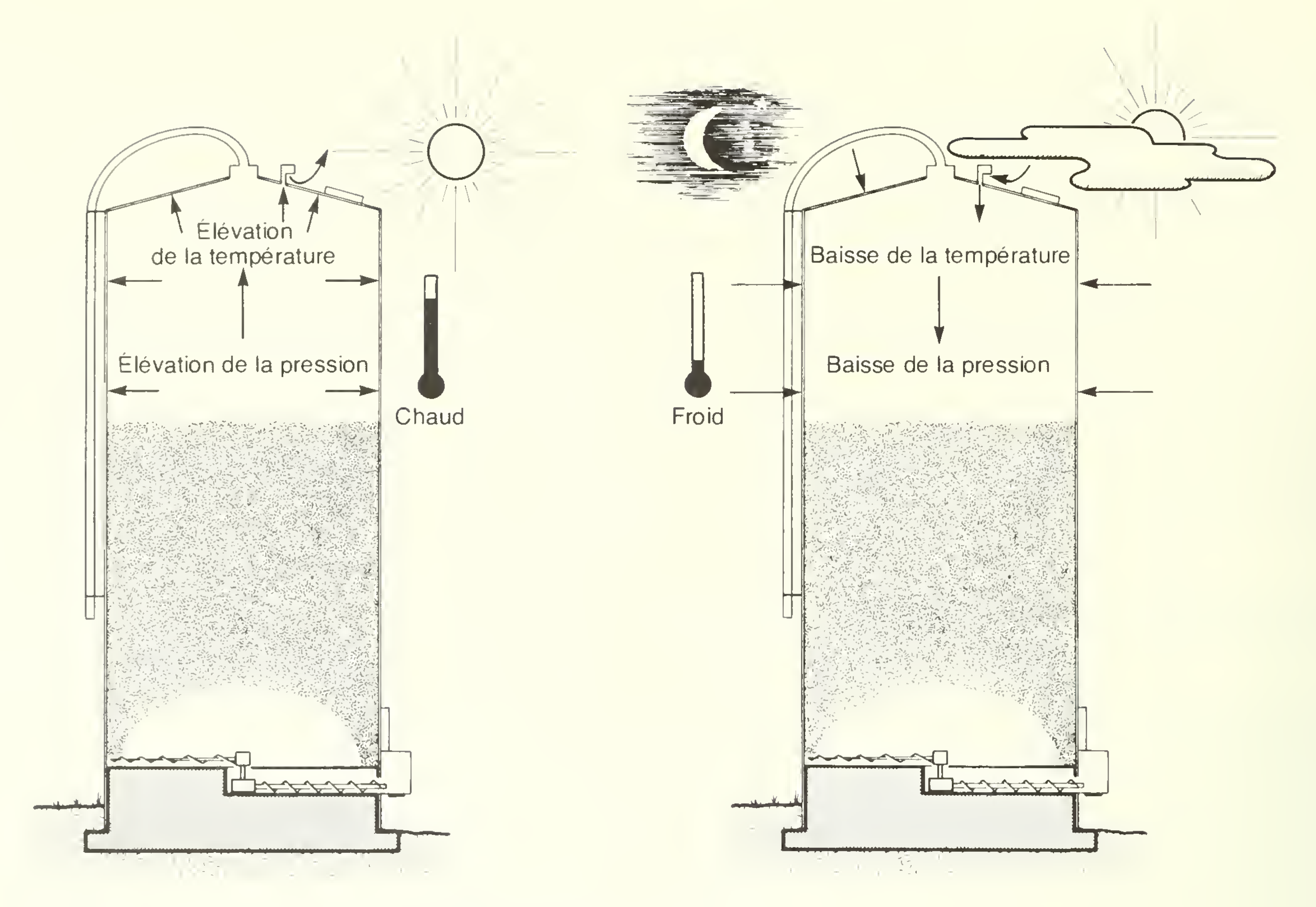


FIGURE 2 Les silos hermétiques doivent "respirer" pour compenser les variations de température et de pression.

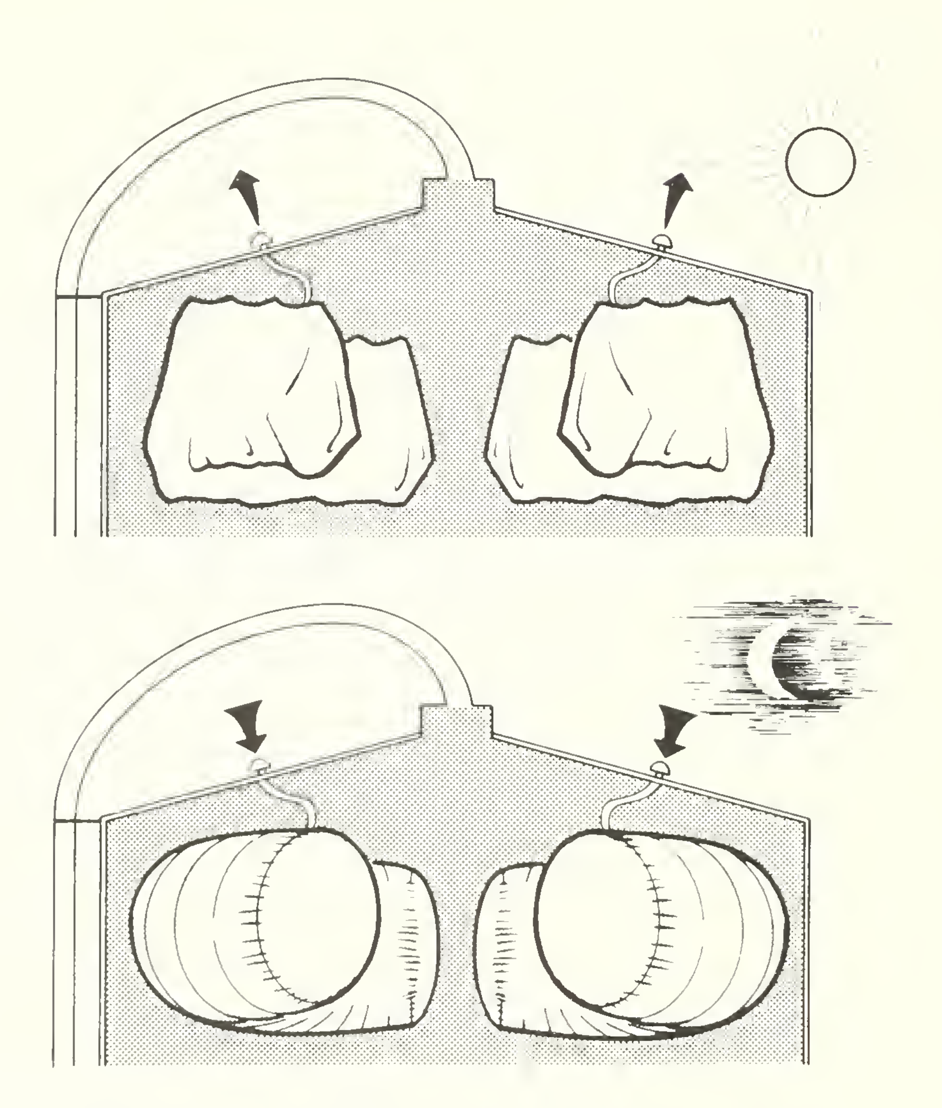


FIGURE 3 Les grands sacs en plastique suspendus dans la partie supérieure du silo "respirent" pour réduire au minimum les différences de pression entre l'intérieur et l'extérieur, réduisant ainsi la pénétration totale d'oxygène.

(respiration). Ce système permet d'équilibrer la pression tout en empêchant l'air de venir en contact avec l'ensilage.

Un fabricant (Feedstor) fait appel à une série d'alvéoles situés sous le plancher dans la fondation du silo. Ces chambres sont reliées à la partie supérieure du silo par un conduit. Les gaz qui recouvrent l'ensilage peuvent ainsi entrer dans les alvéoles ou en sortir selon les variations de pression, en empêchant l'oxygène d'atteindre la surface de la masse.

Le besoin réel d'un matériel quelconque de respiration secondaire n'est pas encore bien établi. Certains fabricants de silos hermétiques prétendent que le seul système de respiration primaire suffit pour contrôler la pénétration d'air dans le silo (dans la plupart des cas, une simple soupape de va-et-vient).

Types de silos hermétiques

L'acier

Ces silos sont faits d'acier vitrifié, inoxydable, aluminé et galvanisé, et sont revêtus d'un enduit intérieur quelconque. Il existe deux genres fondamentaux de silos en acier:

1. Les parois et le toit du silo sont faits de panneaux ou de pièces préfabriqués ou profilés, expédiés sur le chantier et érigés sur une assise spécialement préparée à cette fin. Les sections sont boulonnées ensemble, généralement avec interposition de joints plastiques pour rendre le silo hermétique. Des trappes étanches sont pratiquées dans le toit et les parois.
2. Les parois sont montées en plaçant les tôles d'acier courbes dans une matrice installée sur l'assise déjà prête. Les parois sont formées en spirale continue et les bords des plaques adjacentes sont emboutis pour former un joint étanche et lisse à l'intérieur. Un toit d'acier ou de fibre de verre et des trappes étanches complètent la structure.

Le béton

Ce type de silo ressemble à un silo-tour ordinaire en béton, mais comprend certaines modalités de construction additionnelles pour assurer son étanchéité aux gaz et une solidité suffisante pour permettre la vidange par le fond. La goulotte et les portes habituelles sont remplacées par des trappes hermétiques en acier logées dans les parois, à la partie inférieure du silo. Les toits sont généralement faits en béton, bien que certains silos soient coiffés de toits scellés en fibre de verre ou en acier.

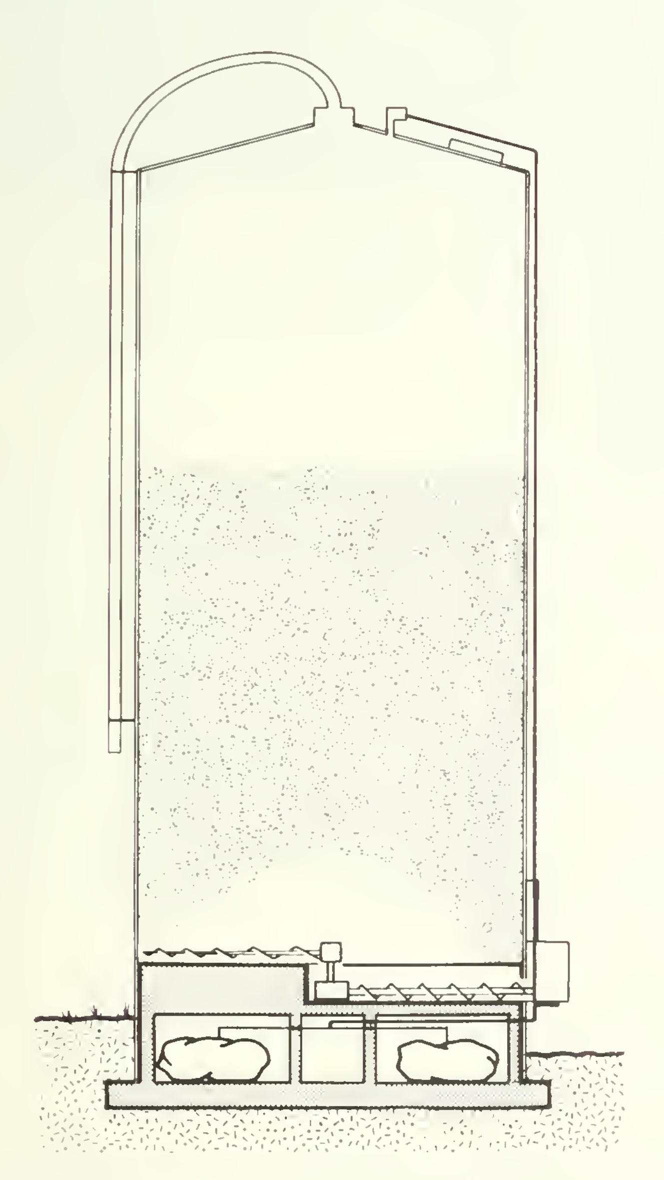


FIGURE 4 Un autre endroit pour l'installation des sacs de respiration est à l'intérieur de la fondation.

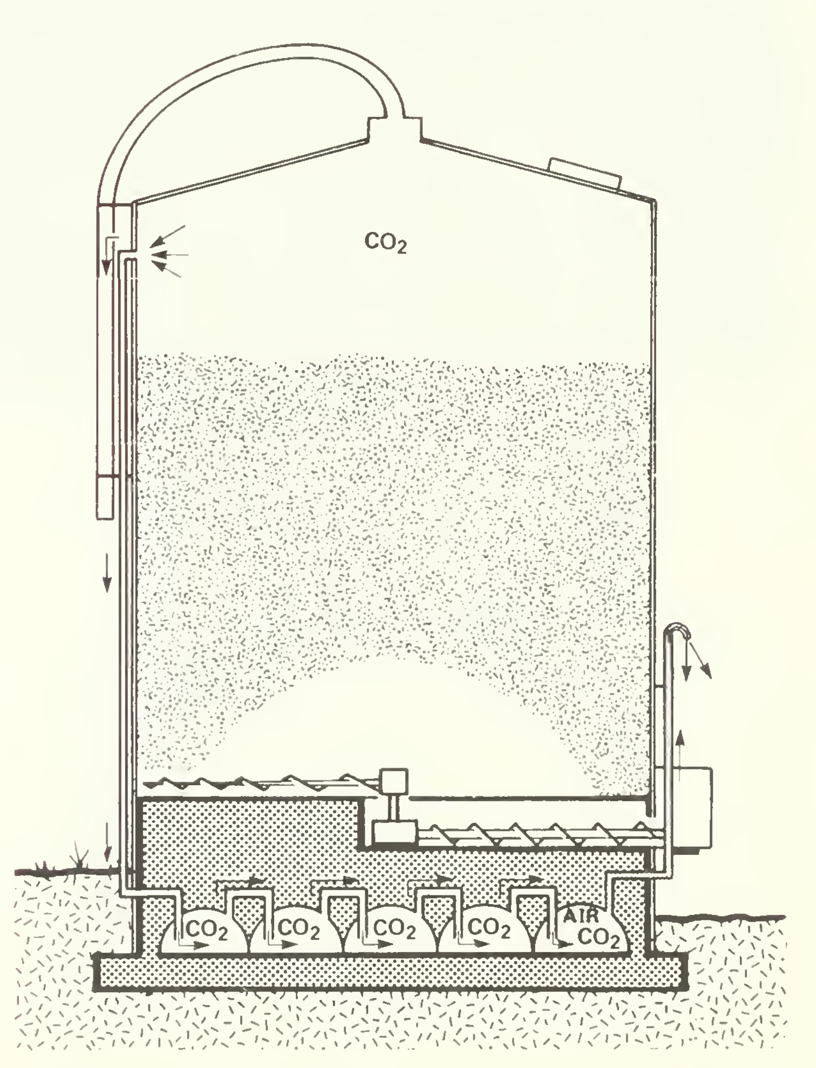
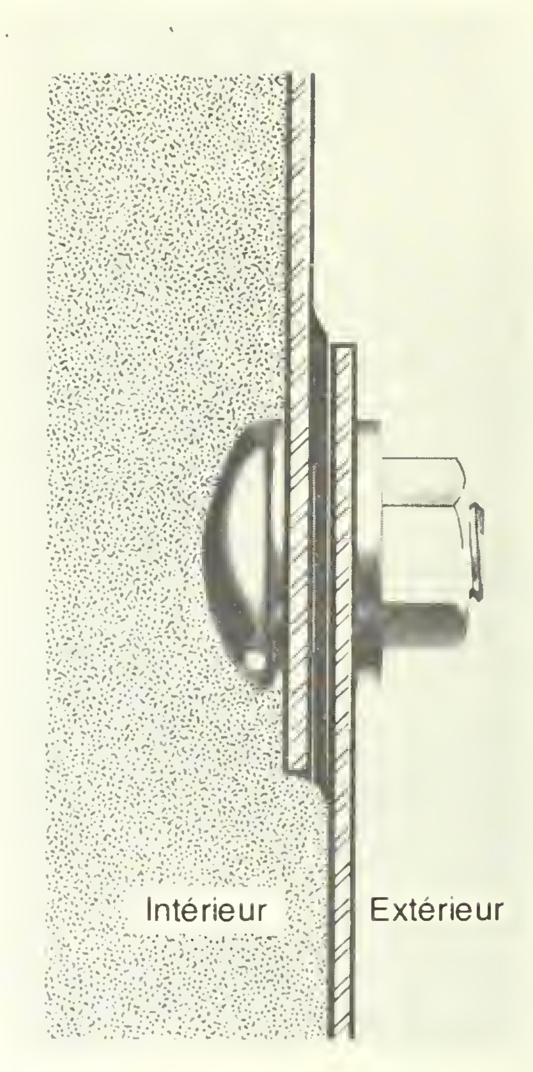


FIGURE 5 Une série d'alvéoles moulés dans la fondation constituent une autre méthode pour laisser le silo "respirer" sans ventiler l'ensilage.

FIGURE 6 Certains silos sont faits de panneaux d'acier vitrifié boulonnés ensemble sur tous les côtés. Un produit de scellage pressé dans les joints permet d'obtenir une enveloppe hermétique.



JOINTS SCELLÉS

Ces toits sont également pourvus de trappes hermétiques de remplissage. Jusqu'à tout récemment, les parois de presque tous les silos-tours hermétiques en béton étaient coulées sur place. Mais au cours des dernières années, plusieurs compagnies ont mis sur le marché des douves de béton préfabriquées et maçonnées avec un enduit étanche aux gaz. Dans ce cas, les pressions horizontales et verticales exercées par la vidange par le fond (particulièrement pour les fourrages) nécessitent souvent une construction à double paroi à la partie inférieure du silo.

En plus d'être étanches à l'air, les parois d'un silo hermétique doivent également être gazifuges. Puisque le béton n'est pas complètement étanche aux gaz, l'oxygène et le bioxyde de carbone se diffuseront lentement au travers de la paroi du silo, à moins qu'un matériau scellant quelconque ne soit appliqué à l'intérieur. On utilise généralement un enduit d'époxy à cette fin.

Le plastique renforcé de fibre de verre, communément appelé "fibre de verre" tout court.

Au fil des ans, plusieurs sociétés de l'Ontario ont tenté de monter et de maintenir une entreprise



FIGURE 7 Trois exemples de silos hermétiques dont les parois et le plafond sont en verre fusionné à l'acier. (Les photos sont gracieusement offertes par Ontario Harvestore Systems, J. & H. Feedstor et Croplander).

qui vende et érige des silos faits de ce matériau. Malheureusement, elles ont connu généralement des difficultés financières et ont cessé leurs activités. Bien que ce matériau semble tout indiqué pour les silos, il semblerait que leur coût soit trop élevé pour satisfaire le marché agricole actuel.

Désileuses de silos hermétiques

La plupart des silos hermétiques sont équipés d'une désileuse par le dessous. Pour les fourrages de plants entiers, les trois types les plus courants sont le bras rotatif muni d'une chaîne à couteaux, la vis balayeuse sans fin et la chaîne racleuse à palettes. Toutefois, plusieurs marques de silos sont équipées d'une désileuse par le dessus et d'une vidange par le fond. Pour le grain qui coule aisément, on utilise couramment une désileuse relativement simple à vis sans fin.

Plantes fourragères entières

Désileuses à bras rotatif

Deux modèles de désileuses par le dessous sont équipés d'un bras rotatif pour extraire l'ensilage et fonctionnent à partir du même principe; un bras rotatif, de longueur à peu près égale au rayon du silo, balaie le plancher du silo en tournant autour d'un arbre de commande. Mis en marche, le bras ramène constamment le fourrage au centre du silo vers une ouverture de déchargement. À partir de là, l'ensilage est transporté horizontalement vers une trappe hermétique, ouverte pour fins de déchargement.

Lors du fonctionnement d'une désileuse par le dessous il se produit un phénomène curieux; une cavité se forme dans l'ensilage au-dessus du pivot central de vidange. Au début du cycle et, à mesure que l'ensilage est entraîné vers la trappe de déchar-

FIGURE 8 Trois exemples de silos hermétiques constitués par des douves de béton préfabriquées ou par des parois de béton coulées sur place.

gement, des pressions s'exercent dans la partie inférieure de la masse ensilée provoquant la formation d'une voûte autoportante surplombant la cavité en forme de dôme. Une fois bien formée, cette cavité peut s'étendre à la base (au niveau du plancher) presque jusqu'aux parois du silo et peut avoir une hauteur d'environ 40 à 70% de son rayon. La charge normalement supportée par tout le plancher repose donc sur une bande relativement étroite de matériel longeant les parois du silo. La principale tâche du bras rotatif de la désileuse est donc d'aller chercher ce matériel de support. À mesure que ce travail s'accomplit, la voûte s'effondre peu à peu et le reste du matériel est également entraîné vers l'ouverture de déchargement. Il arrive souvent qu'au début, quand la cavité commence à se former, les exploitants raccourcissent quelque peu le bras rotatif. Cette manoeuvre réduit la charge sur la désileuse. Une fois la cavité formée, le bras rotatif est rallongé de façon à se rapprocher des parois du silo.

La forme et les dimensions de la cavité varient quelque peu d'un silo à l'autre selon le type de désileuse, la longueur initiale du bras rotatif, et selon la longueur du fourrage haché et sa teneur en eau.

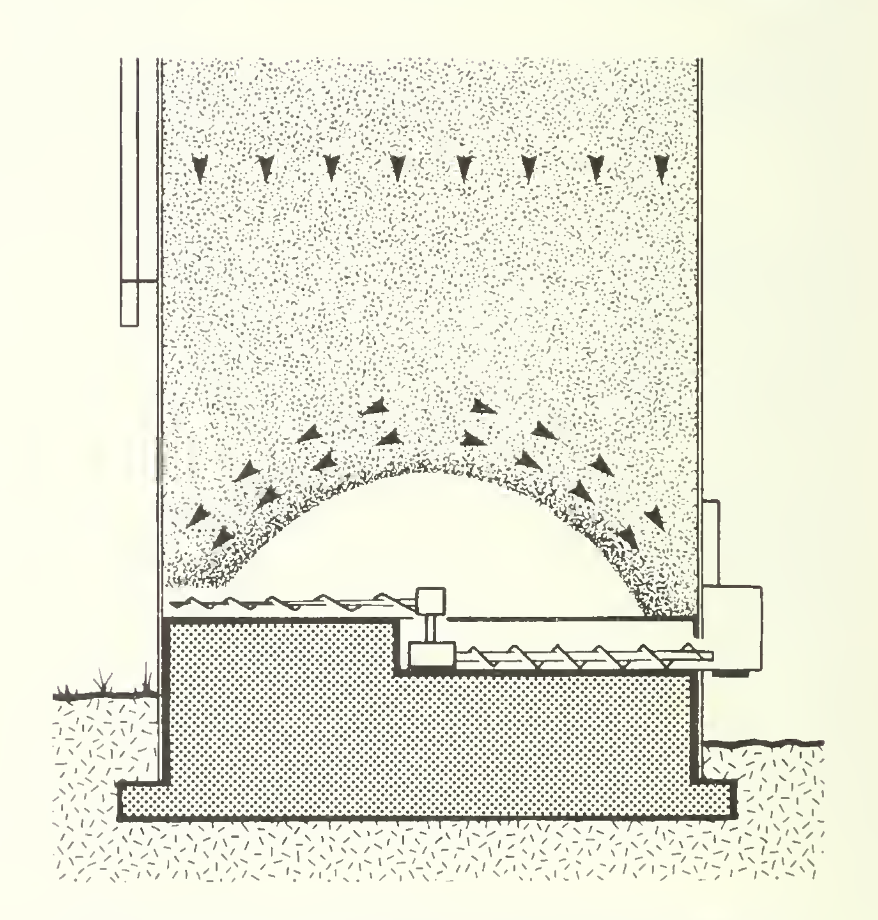


FIGURE 9 Quand une désileuse fonctionne par le dessous, il se creuse une cavité en forme d'arche dans le fourrage haché. Les pressions de l'ensilage sont transmises à la base des parois du silo.

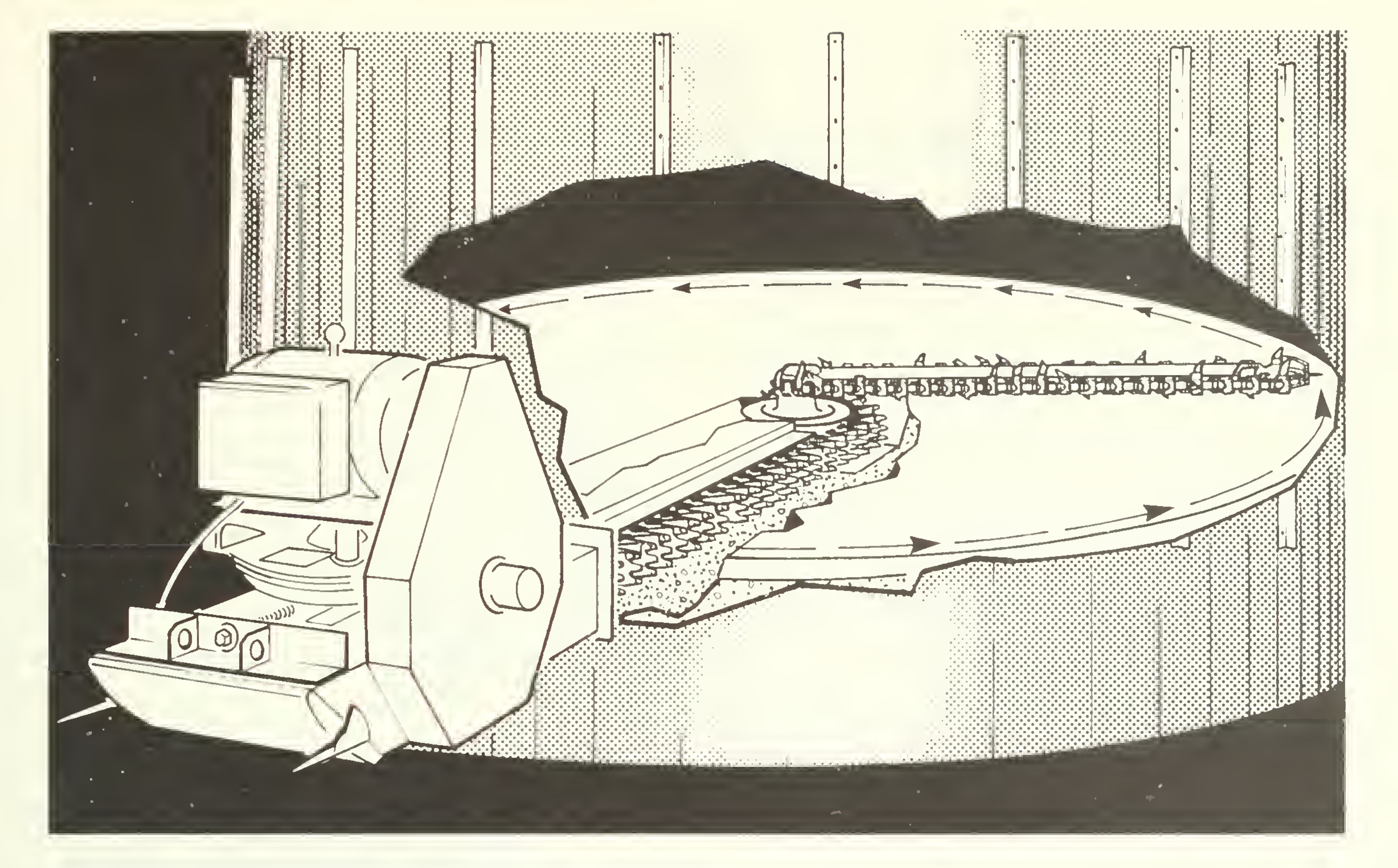


FIGURE 10 Une scie à chaîne coupe le matériel et un bras de collecte le ramène vers le centre où il tombe sur un convoyeur horizontal situé en-dessous.



FIGURE 11 Le matériel est entraîné par une désileuse à chaîne vers l'extérieur. Il sort par une trappe ordinairement scellée quand la désileuse n'est pas en fonctionnement. (La photo est gracieusement offerte par l'Ontario Harvestore Systems).

DÉSILEUSES À CHAÎNE RACLEUSE À COUTEAUX Un fabricant de silos hermétiques (Harvestore) a mis au point une désileuse par le dessous constituée d'un mécanisme de collecte qui fait le travail d'une scie à chaîne et celui d'un bras balayeur. Ce bras balayeur tourne lentement sous le produit ensilé autour d'un pivot de commande tandis que de grandes dents ou couteaux accrochés à la chaîne sans fin coupent et entraînent le matériel vers une ouverture centrale de déchargement. Un seul moteur commande le bras balayeur et la chaîne de coupe-collecte. Une chaîne transporteuse à barrettes situées sous le plancher entraîne le fourrage vers l'extérieur.

DÉSILEUSES BALAYEUSES À VIS SANS FIN Plusieurs sociétés (p.ex. Laidig, Weaver) ont mis au point des désileuses constituées d'une grande vis sans fin comme dispositif de balayage, de coupe et de collecte. La vis ressemble au modèle très lourd utilisé pour le grain, les spires étant hérissées de dents recourbées. Deux moteurs séparés et à commande indépendante actionnent le dispositif de collecte, l'un pour faire tourner le bras balayeur dans l'ensilage et l'autre, la vis de coupe dans le bras balayeur. À mesure que la vis de coupe tourne dans le bras balayeur, les dents déchirent l'ensilage en délogeant le matériel pour que la spirale de la vis puisse le transporter vers l'ouverture centrale pratiquée dans le plancher. À partir de là, l'ensilage est entraîné vers l'extérieur par un convoyeur situé sous le plancher.

Désileuses à chaîne à palettes

Bien que plusieurs sociétés aient mis la main à la pâte dans la mise au point de ce genre de désileuse, elle est maintenant commercialisée au Canada et aux États-Unis par une seule société (Supreme). Fondamentalement, le dispositif se compose d'un arbre central vertical (d'une longueur à peu près égale au rayon du silo) situé au fond du silo. Ce dispositif, à commande motorisée, est muni de plusieurs chaînes garnies de têtes coupantes aux extrémités latérales. Les chaînes supérieures sont plus longues (à peu près égales au rayon du silo), les chaînes inférieures près de l'ouverture de déchargement, sont plus courtes et les chaînes intermédiaires varient de longueur de façon à former un cône inversé. Lorsque l'appareil est mis en marche, l'arbre central tourne à 60-80 r/min, ce qui projette les chaînes par centrifugation. Les têtes coupantes des chaînes déchiquettent un peu l'ensilage et il se forme dans la partie inférieure du silo, comme avec les autres désileuses, une cavité ayant l'aspect d'un cône inversé. Le matériel est entraîné vers le centre le long des pentes de ce cône. De là un court segment de vis sans fin situé à la partie inférieure de l'arbre aide à faire passer le matériel par une ouverture pratiquée dans le plancher jusqu'à un convoyeur situé en dessous.

Désileuses par le dessus-vidange par le dessous

Plusieurs fabricants (p.ex. Feedstor, Clayton, et Lambert) équipent leurs silos hermétiques d'une désileuse par le dessus. Ce dispositif se compose d'un cercle d'acier suspendu par un câble, d'un diamètre légèrement plus faible que celui du silo et qui actionne le mécanisme de collecte. Pendant le remplissage du silo, un cylindre d'acier d'environ 50 cm de diamètre remonte au travers de la masse d'ensilage créant une cheminée centrale du fond jusqu'au sommet. En même temps, le mécanisme de collecte est inversé et joue le rôle d'un dispositif de nivelage. Quand on vidange le silo, la désileuse entraîne le matériel vers la cheminée centrale verticale où il tombe sur un convoyeur pour être acheminé vers l'extérieur par une trappe hermétique.

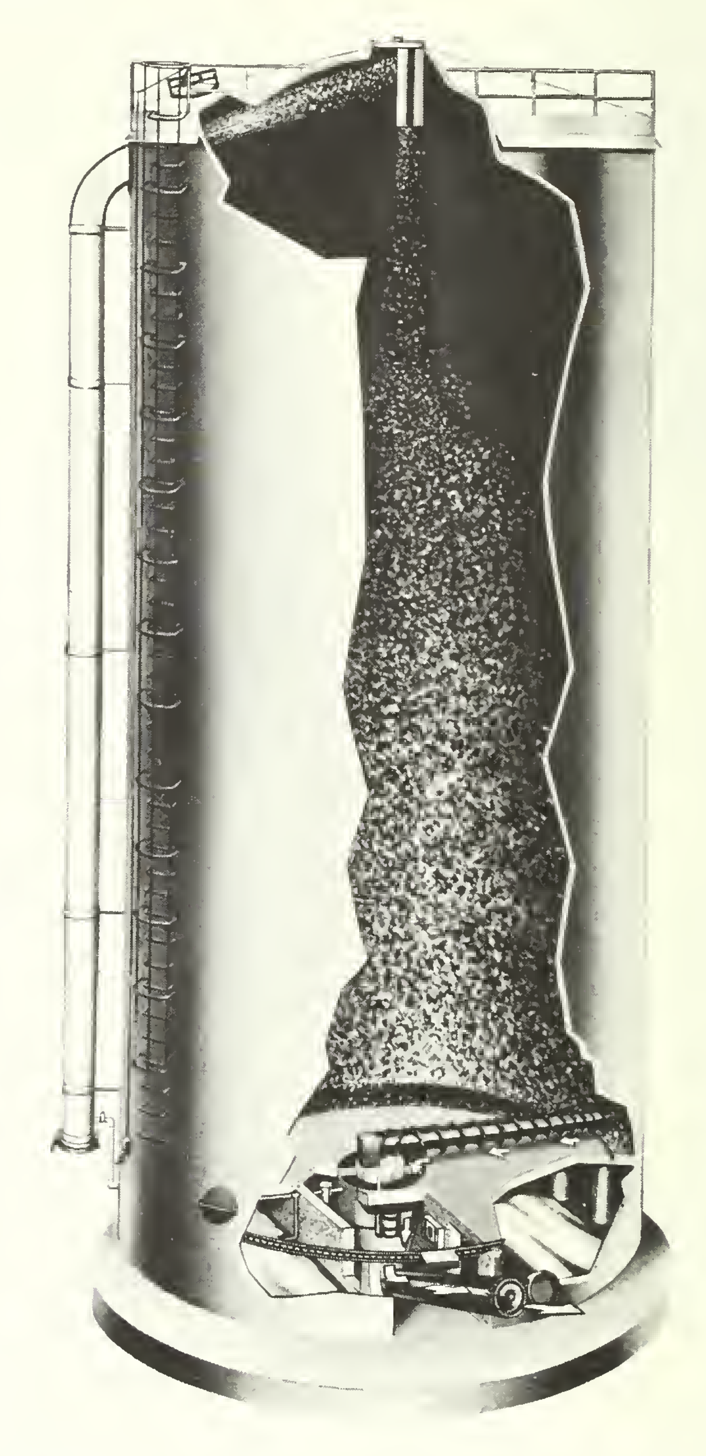


FIGURE 12 Les désileuses à vis par le dessous utilisent une grosse vis de collecte hérissée de dents qui ramène les matières ensilées vers le centre et le laisse tomber sur une autre vis inclinée qui l'entraîne vers la salle d'alimentation. (Le diagramme est gracieusement offert par R.L. Weaver, Energy- pak System).

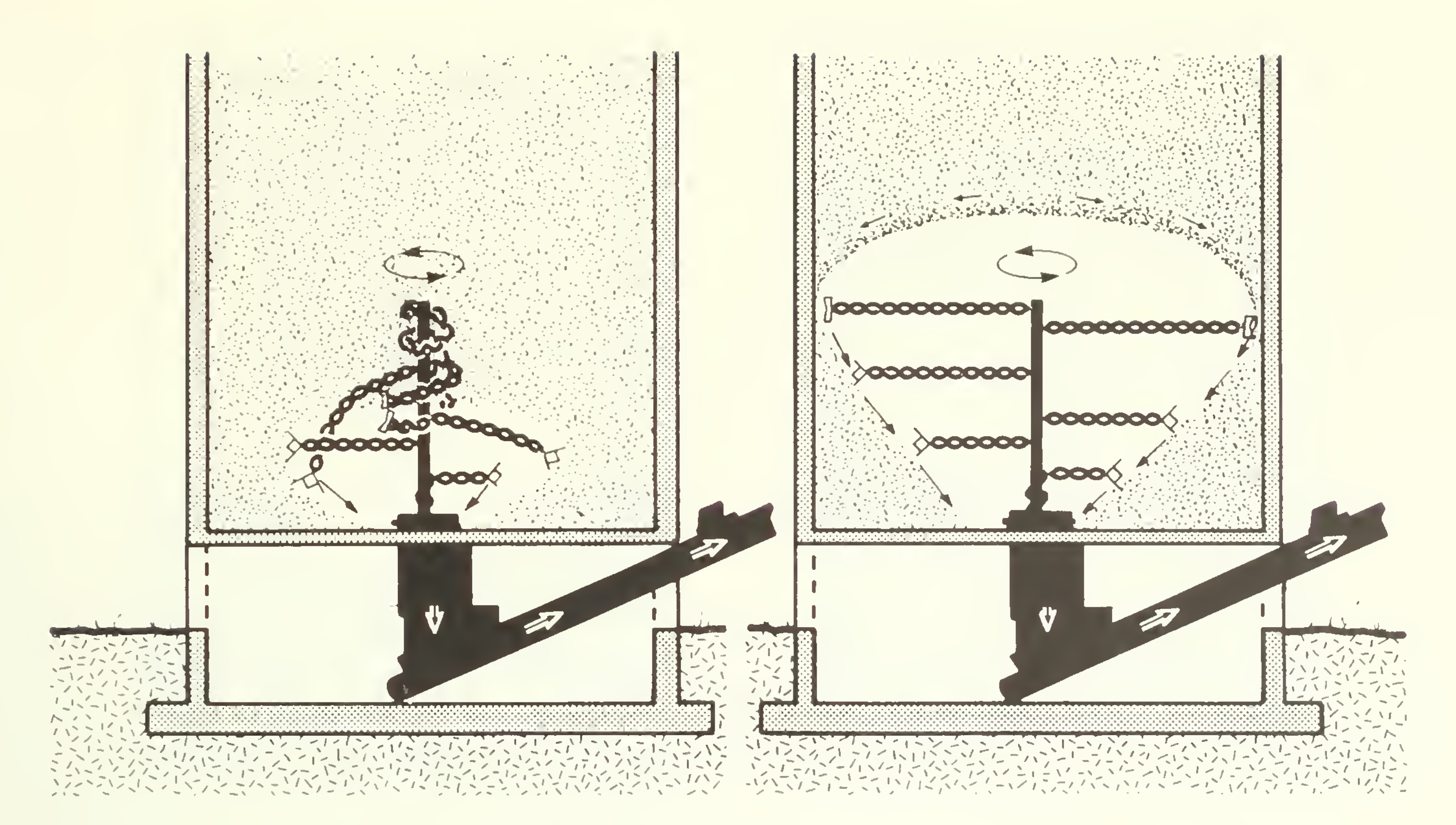


FIGURE 13 La désileuse à chaîne à palettes utilise des chaînes à têtes coupantes fixées sur un arbre vertical rotatif. Les chaînes, projetées vers l'extérieur par la force centrifuge, déchiquettent le fourrage et le font glisser le long de la surface inclinée jusqu'à l'ouverture centrale de déchargement.

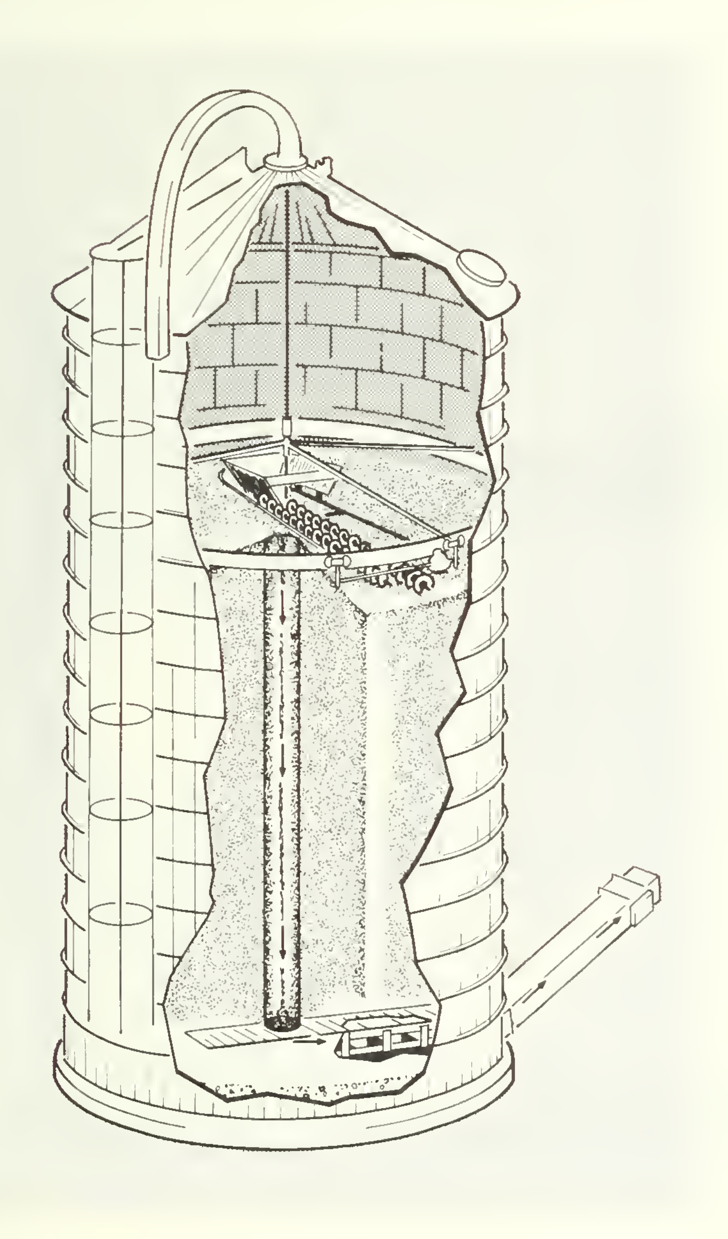


FIGURE 14 La désileuse par le dessus est constituée d'une paire de vis actionnées d'un mouvement circulaire, qui coupent et entraînent le matériel ensilé vers une cheminée centrale.

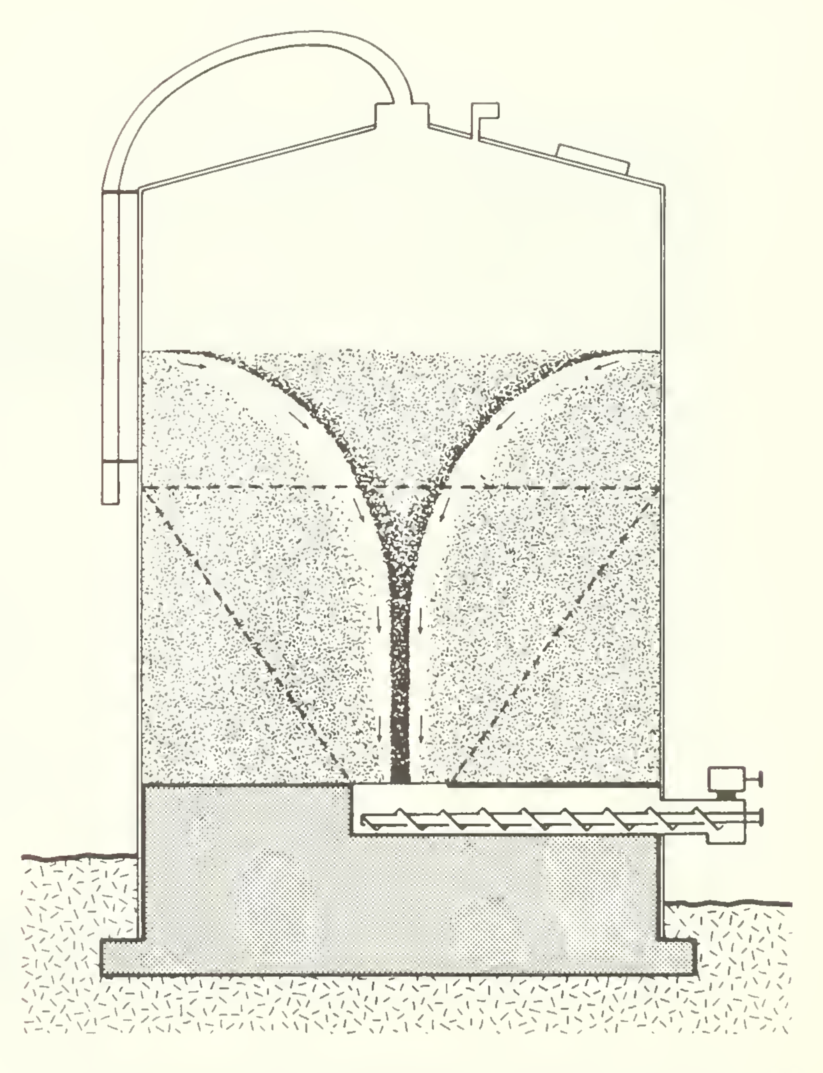


FIGURE 15 Les couches supérieures de grain entier humide s'écoulent par gravité au centre de la masse d'ensilage vers une ouverture centrale, ce qui permet en fait de retourner la masse sur elle-même.

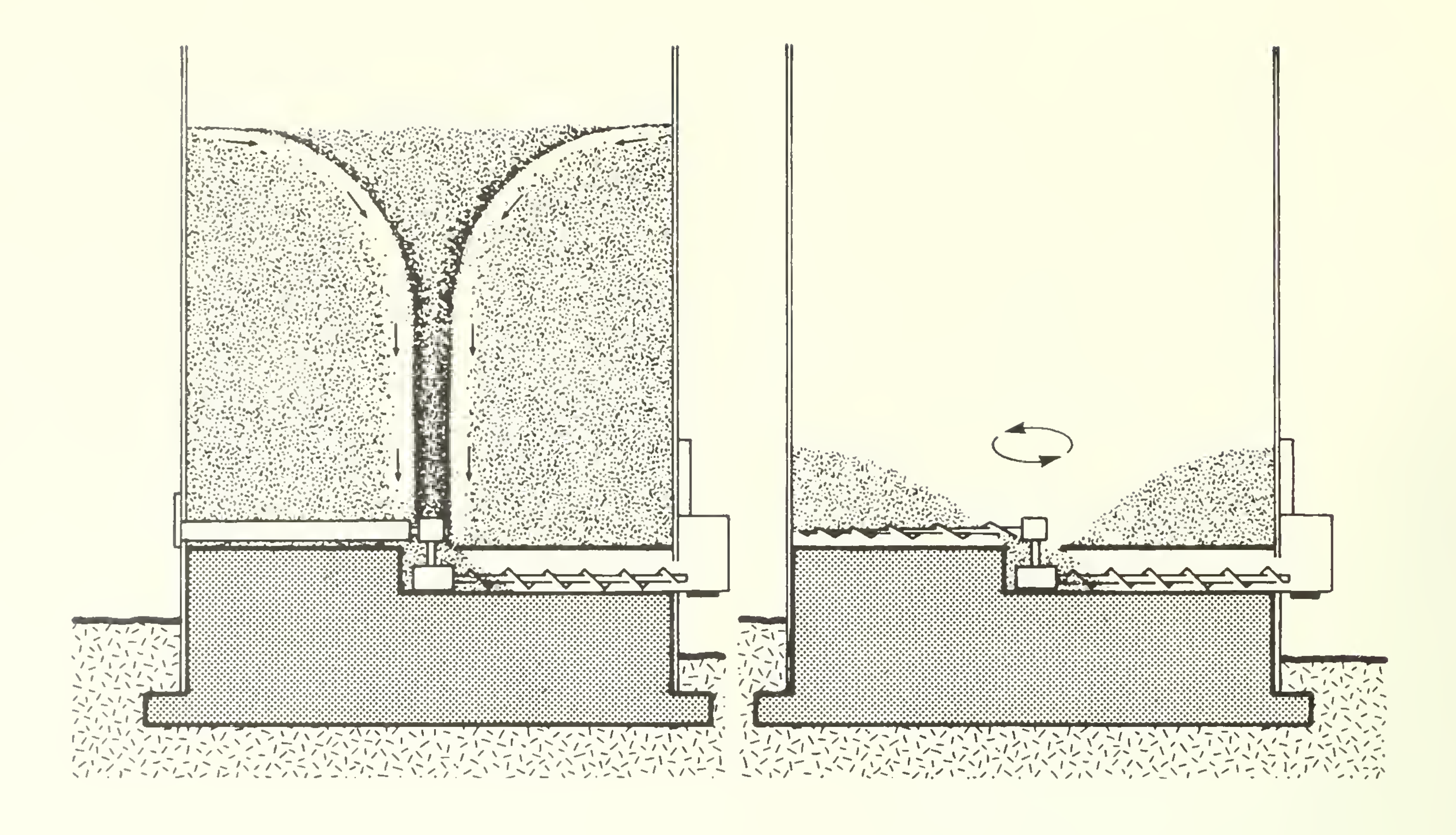


FIGURE 16 (A) Une désileuse par le dessous vidange par gravité la plus grande partie du grain entier humide; la vis balayeuse est enfermée dans une gaine protectrice. (B) Vers la fin du déchargement, la vis balayeuse est actionnée pour extraire le grain qui reste et qui ne s'est pas écoulé par gravité.

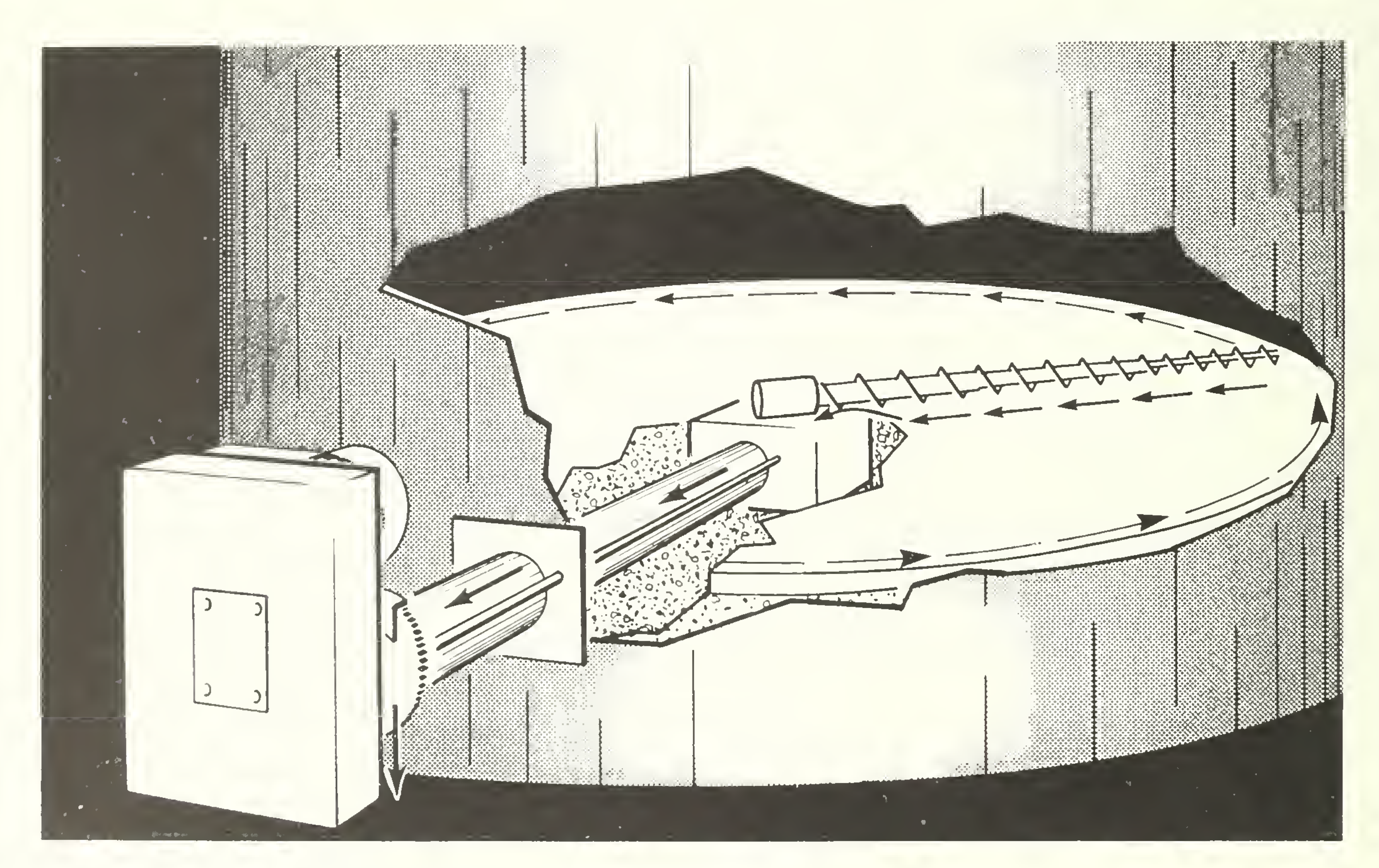


FIGURE 17 Une vis fuselée qui fonctionne en permanence sert à assurer l'écoulement du grain humide dans la vis de déchargement.

Grains humides

S'il faut stocker du grain humide dans un silo hermétique, les caractéristiques du grain (moulu ou entier, teneur en eau, etc.) détermineront dans une large mesure le type de désileuse requis. Par exemple, pour ce qui est des grains de maïs ou d'orge entiers humides, on peut utiliser une désileuse à vis sans fin relativement simple pour retirer le grain par une ouverture pratiquée dans le centre du plancher.

Si le grain est propre et possède la teneur en eau voulue, il coulera librement par gravité dans la vis sans fin. Le mode d'écoulement ressemble étroitement à celui du grain sec durant lequel la masse de grain se retourne, les couches supérieures sortant en premier.

La plupart des fabricants ajoutent à ce système de désilage simple un type quelconque de vis racleuse pour décharger la partie du grain qui ne s'écoule pas par gravité. Le dispositif le plus simple est un bras balayeur axé autour d'une ouverture centrale de déchargement et qui demeure immobile sous une gaine protectrice aussi longtemps que dure l'écoulement par gravité. Lorsque cet écoulement cesse, le bras balayeur commence à tourner autour du silo en tirant le reste du grain vers l'ouverture centrale (p.ex. Harvestore, Neco).

Certains fabricants, pour assurer un écoulement continu de grain vers la vis de déchargement, utilisent en permanence un bras balayeur (p.ex. Laidig, Weaver, Neco). Ce système se compose d'une vis fuselée ou effilée (le plus faible diamètre du filetage étant situé à l'extrémité distale du bras). De cette façon, le grain est constamment ramené vers l'ouverture de déchargement centrale pour qu'au moins une partie du volume total retiré soit prélevée au fond du silo.

Pour le matériel qui s'écoule mal, comme les grains de maïs ou d'orge humides moulus, il faut utiliser un dispositif de désilage qui n'ait rien à voir avec la gravité. Les désileuses utilisées pour les plantes entières sont probablement les plus fiables.

Pour empêcher l'entrée d'air dans la masse ensilée, toutes les désileuses par le dessous doivent être munies d'une tête scellée et d'une soupape ou d'une plaque de revêtement pour sceller l'ouverture de déchargement pendant la période où on ne prélève pas de matériel. Ces conditions doivent être respectées, peu importe le type de désileuse ou de produit ensilé.

En particulier pour les plantes fourragères entières, les désileuses par le dessous sont passablement onéreuses. Chaque type de désileuse requiert une fondation spéciale pour asseoir et la désileuse et le matériel auxiliaire. Chaque désileuse est unique en son genre et incompatible avec d'autres types et marques. Il faut donc acheter un modèle spécifique de désileuse qui s'intègre au dispositif complet de stockage en silo (ce qui n'est pas le cas pour les désileuses par le dessus pour les silos à ciel ouvert).

Avantages des silos hermétiques

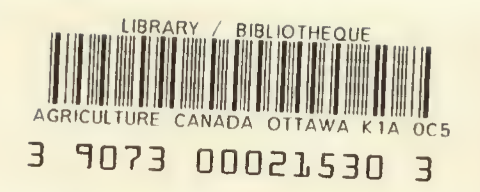
1. Le silo hermétique permet d'obtenir un excellent contrôle sur l'atmosphère de stockage en favorisant une bonne fermentation. Grâce à une conduite appropriée des opérations d'ensilage, ce contrôle peut réduire les pertes dues au stockage d'environ 3 à 5 % de matière sèche (la plus faible pour tous les types de silos).
2. Ce type de silo confère à l'agriculteur une grande marge de manoeuvre dans son programme d'alimentation. À cause de l'atmosphère contrôlée, l'aliment peut être retiré en tout temps et en n'importe quelle proportion sans détériorer sensiblement le reste de l'ensilage. Point n'est besoin (du point de vue de la qualité de l'ensilage) de choisir un silo dont les dimensions répondent à la ration quotidienne (diamètre) et au volume nécessaire pour toute une saison (hauteur), ce qui s'avère nécessaire avec les silos à ciel ouvert pour prévenir la détérioration des aliments. C'est là un avantage particulier pour les exploitants propriétaires de petits cheptels (nourris au foin ou au maïs humide) ou qui, périodiquement, vident leur grange de tous leurs animaux.
3. La plupart des silos hermétiques donnent droit aux nombreux avantages du désilage par le dessous, à savoir:

   Le moteur et le dispositif de commande sont situés au niveau du sol, à l'extérieur du silo et sont facilement accessibles à des fins de réglage, d'entretien et de réparation. (Le dispositif de désilage lui-même n'est pas aussi accessible que celui de la désileuse par le dessus). Il n'est donc pas nécessaire de grimper dans le silo pour entretenir et réparer la désileuse.

   Le matériel placé en premier dans le silo est le premier sorti. Ces silos permettent une alimentation continue en produits fermentés puisque le nouveau matériel est ajouté par le dessus), sans risque de modifier abruptement la ration.

   Le silo peut être rempli ou rempli à nouveau sans déplacer la désileuse (bien qu'il faille parfois le faire quand on remplit un silo vide).

   Il n'est pas nécessaire de grimper dans le silo pour ouvrir les portes de la goulotte de déchargement. Outre son côté pratique, cette caractéristique élimine le risque d'empoisonnement aux gaz emprisonnés dans le silo que comporte l'installation d'une désileuse par le dessus (à condition que l'exploitant ne se permette pas d'entrer par le bas du silo dans la cavité qui se forme dans la masse ensilée.)


LIBRARY / BIBLIOTHEQUE
AGRICULTURE CANADA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00021530 3